

第6章

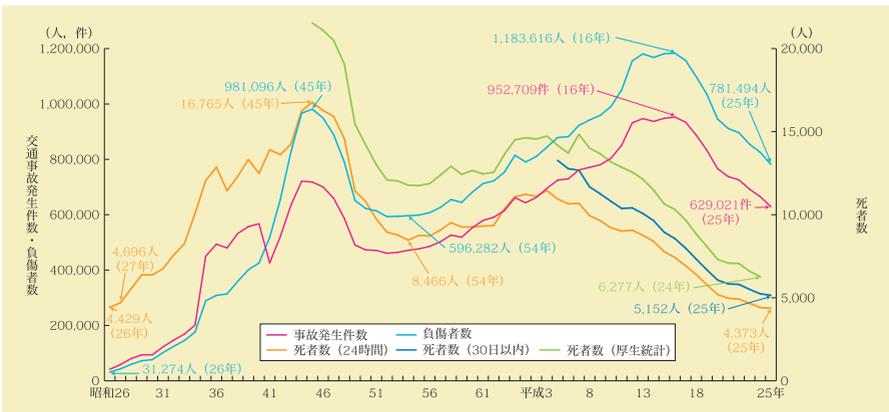
自動車における安全像

関根 太郎 (日本大学理工学部機械工学科 准教授)

6.1 交通事故統計と安全対策の変遷

第6章では、道路交通における自動車を取り上げ、これまでの安全性向上技術の取り組みについて振り返るとともに、目標とする安全像を明らかにする。まず、その背景となる交通事故統計について改めて特徴を見ていく。

図1¹⁾は、日本における交通事故の年次推移である。1951年から2013年までの交通事故死者数の長期推移を見ると、大きく2つのピークができてい



注 1 警察庁資料による。

2 昭和41年以降の件数には、物損事故を含まない。また、昭和46年までは、沖縄県を含まない。

3 「24時間死者」とは、道路交通法第2条第1項第1号に規定する道路上において、車両等及び列車の交通によって発生した事故により24時間以内に死亡したものをいう。

4 「30日以内死者」とは、交通事故発生から30日以内に死亡したもの（24時間死者を含む。）をいう。

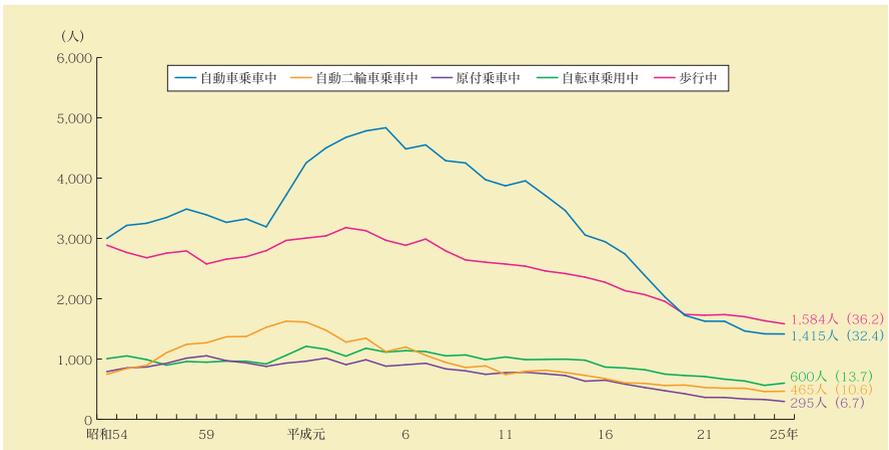
5 「厚生統計の死者」は、警察庁が厚生労働省統計資料「人口動態統計」に基づき作成したものであり、当該年に死亡した者のうち原因が交通事故によるもの（事故発生後1年を超えて死亡した者及び後遺症により死亡した者を除く。）をいう。なお、平成6年までは、自動車事故とされた者を、平成7年以降は、陸上の交通事故とされた者から道路上の交通事故ではないと判断される者を除いた数を計上している。

図1 日本における道路交通事故による交通事故発生件数, 死者数および負傷者数¹⁾

かる。この増減は、交通社会の成長ならびに社会情勢とも密接に関連している。死者数（24時間）が16,765人、負傷者数が981,096人に達した1970年に至る1950年代からの急激な事故の増加は、世間では<第1次交通戦争>と呼ばれた。この状況に対する要因分析では、急速な四輪自動車の保有台数増加に伴う交通量増加に対して、道路整備等の交通安全施設の不足、交通社会の急速な変化に対して交通参加者の意識変化がついていけなかったこと、加えて車両の安全性を確保するための技術が未発達であったことが指摘されている。

このため、1970年に交通安全対策基本法が制定され、国を挙げて交通安全対策が推進された。当時の対策としては、交通参加者の意識変化の遅れに対して、横断歩道や信号設置に加えて歩道橋、ガードレールの設置による歩車分離が推進された（当時の交通施策の詳細は参考文献²⁾参照）。自動車の安全性に関しては、後述するESV等の安全技術の検討が開始され、また1969年4月以降に国内生産された普通乗用車の運転席シートベルトの設置義務付けがなされ、その後助手席、後部座席と順次設置義務付けが拡大されていった。このような施策により死者数は1970年をピークに1979年まで減少傾向に転じた。

その後、自動車保有台数、運転免許保有者数の増加に伴い自動車走行キロ数が増加し、交通事故は再び増加傾向を示した。特に、1986年から約5年間は好景気を背景に自動車走行キロ数が増加していった。その結果、図2に示すよう



注 1 警察庁資料による。ただし「その他」は省略している。

2 () 内は、状態別負傷者数の構成率 (%) である。

図2 状態別交通事故死者数の推移¹⁾

に自動車乗車中における死者数が増加し¹⁾、死者数（24時間）が再び1万人を超え<第2次交通戦争>と呼ばれた。これに対して、自動車乗車中の死者数の減少を目的に、ABSやエアバッグ等の車両安全対策の普及促進がなされ装着率が向上した（図3³⁾）。併せて1992年の一般道における運転席・助手席シートベルトの着用義務化に伴うシートベルト着用率の向上や救急救命体制の強化等の効果から事故死者数（24時間）は1993年をピークに減少に転じている（図1¹⁾）。一方で、交通事故件数ならびに負傷者数が、その後10年間も増加を継続した点が1970年代と異なる特徴として挙げられる。この要因としては、車両の安全装備ならびに救急体制の強化により従来ならば死亡していた重大事故に対する致死率が低下したことが挙げられる。その後、追突被害軽減ブレーキや横すべり防止装置等、車両安全技術の普及、自動車アセスメントによる衝突安全性能の評価・公開による自動車開発の促進、飲酒運転に対する罰則強化やシートベルト着用率の向上、最高速度超過違反の減少等の運転マナーの向上、自動車走行キロ数自体の減少等の要因により、事故死者数のさらなる減少とともに、事故件数も2004年から減少傾向に転じているが、2013年時点でも依然として約60万件の交通事故が発生している。

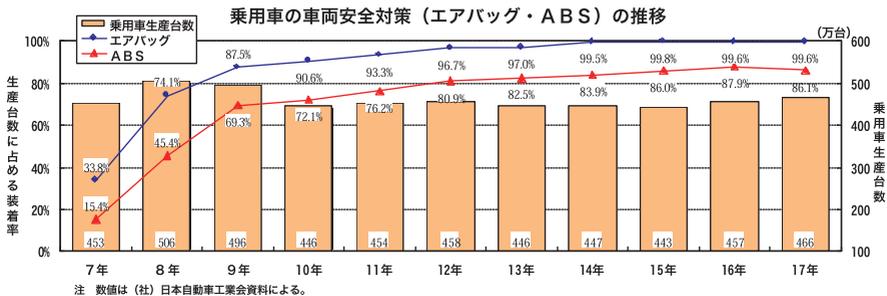


図3 乗用車の車両安全対策（エアバッグ・ABS）の推移³⁾

日本では、近年の超高齢社会への移行に合わせて、交通事故傾向にも変化が見られる。特に2008年以降では、歩行中の死者数が自動車乗車中の死者数を逆転している（図2）。状態別・年齢層別の交通事故死者数（図4¹⁾）で見ると、その内訳で65歳以上の高齢者が歩行中に事故に遭い死亡している比率が顕著に高いことが分かる。また、免許保有率の高い年代が高齢者になってきているため、自動車運転中の後期高齢者（75歳以上）の事故死者数も増加傾向にある⁴⁾。

これら近年の交通事故の傾向から、内閣府の第9次交通安全基本計画においても高齢者の生活エリアである生活道路における歩行者・自転車に対する安全確保が重点事項として挙げられている⁵⁾。これらに対する自動車の安全技術としては、

車両のノーズ形状の変更やポップアップボンネットフード等の歩行者傷害軽減ボディー構造の採用や歩行者や自転車等も認識対象とした低速域の衝突被害軽減ブレーキも普及し始めている。

このように、自動車の安全技術開発は交通事故要因分析をもとに進められ、発展・普及することで交通事故の減少に寄与してきた。次節ではここで挙げた各時代の安全技術開発の動向についての詳細を見ていく。

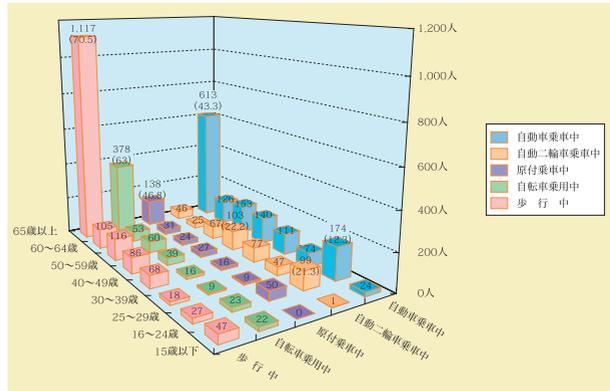


図4 状態別・年齢層別交通事故死者数¹⁾

6.2 自動車の安全技術開発の動向と経緯

6.2.1 安全問題対策への黎明期：ESV

(Experimental Safety Vehicle) 計画

前述のように1960年代には、モータリゼーションの普及により日本だけでなく諸外国においても交通事故が問題視されていた。この状況を改善する目的から1970年に米国運輸省（DOT）のNHTSA（National Highway Traffic Safety Administration）により当時の最高技術水準（State of Art Technology）の実験車を製作することを目的としたESVの開発計画が提案された。ESV計画では乗車中の死者数を減少させる目的から、乗員保護と運転者の危険回避のための安全性の追求と技術向上がターゲットとされた。当時の米国では、交通事故死者数の60%が自動車乗用中という割合であったため、米国の計画は、この中でも主として衝突時の乗員保護性能の向上に狙いがあったと

推察されている⁶⁾。

1970年11月には、米国政府と日本政府ならびに当時の西ドイツ政府間で覚書が交換され、日本もESV計画に参加することとなった。この際、米国では車両重量約1800kgの車格を想定して計画されていた。一方で、日本では設置された特別委員会により仕様が検討され、1971年に4名乗車の車両重量約1150kgと2名乗車の車両重量約900kgという小型車を想定した2つの仕様が決定され、開発メーカーが募集された。日本仕様では、80km/hからの衝突や追突されても乗員が受ける衝撃値が生存可能な範囲、生存空間を確保する等を目標値とする一方で、事故回避性能につながる予防安全技術についても盛り込まれた。また、日本の道路運送車両法の保安基準ならびに米国の安全基準FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standard) にも適合することが要求されていることが特徴として挙げられる。

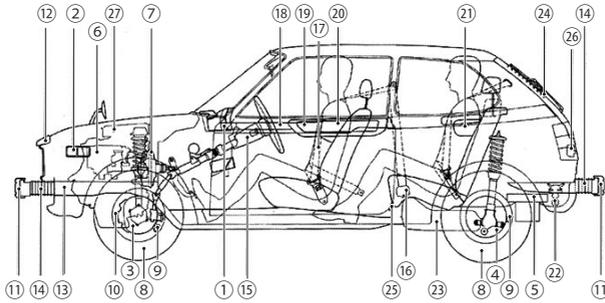
ESV計画において研究開発された安全技術の具体例を以下に挙げる。

まず、80km/hでの正面衝突にする際の衝撃吸収性能の向上技術として、車体構造の改善がある。衝突エネルギーを吸収するためのフレームと乗員の生存空間を確保するためのピラーやサイドビーム等が挙げられる⁷⁾。この時の米国では、NASAによりアポロ計画から無料で民間技術移転された有限要素法 (FEM) アプリのNASTRANがフレーム構造の計算に導入された。現在ではボディー剛性計算等に一般的に用いられている技術がこの当時に自動車を対象に活用されていたことは特筆できる。

次に、エアバッグシステムが挙げられる。衝突検知技術や安全クッションと呼ばれたエアバッグ自体の考えは、それ以前よりあったが実用化はされていなかった。ESV計画と同時期の米国においてシートベルトの装着義務付けの法案化に対する議論がなされており、シートベルトをしなくても事故時の衝撃を緩和できる受動的拘束装置の要請が高くなりESV計画の中でもエアバッグシステムが検討された。この結果、1974年にGMがエアバッグシステムを装備可能な量産車を世界で初めて市販することにつながった。

また、事故回避性能に関連しては、アンチスキッドブレーキ (現在のABS) と車両横すべり制限機能 (現在におけるESC) を併用することで、制動時の車両安定性を向上させるシステム開発がされた。

ESV計画は、参加各社による実験車両の開発と性能評価を経て、1974年に開催された第5回国際会議によって事実上終了した。ESVは、当時の最高技術



- ① 行動指示式集中警報装置 ② 両面ターンシグナル ③ アンチスキッド装置付きディスクブレーキ
- ④ アンチスキッド装置付きドラムブレーキ ⑤ アンチスキッドコンピューター ⑥ アンチスキッドブレーキアクチュエーター
- ⑦ バキュームブースター ⑧ 安全タイヤ ⑨ タイヤ空気圧センサー ⑩ オートマチックトランスミッション
- ⑪ ウレタンパッド付きバンパー ⑫ ウレタンパッド ⑬ エネルギー吸収式車体構造 ⑭ EAU
- ⑮ インパクトレスステアリング ⑯ ウエビングロック式ELR ⑰ エネルギー吸収ベルト ⑱ ビーム組込みドア
- ⑲ 側面エネルギー吸収パッド ⑳ ショルダーパッド ㉑ 格納式ショルダーパッド ㉒ 電流遮断装置 ㉓ 燃料タンク
- ㉔ 非常脱出口 ㉕ 非常脱出口レバー ㉖ 非常脱出口ロック ㉗ CVCCエンジン

図5 ESV実験車(ホンダESV構造図)⁹⁾

水準により実験車を実際に製作することで成果を得たが、生産性やコストに関しては考えられていなかった。そのため、その間に問題となったエネルギー問題や環境問題については消費動向や量産性を前提としたRSV（Research Safety Vehicle）計画に引き継がれていくこととなる⁸⁾。ESV計画がそれ以後の自動車の安全技術開発のマイルストーンとなったことは、当時検討された安全装置・機能（図5⁹⁾）が現在の車両に多数装着されていることから明白である。

6.2.2 先進安全自動車：ASV（Advanced Safety Vehicle）

図6は、現在のITSに関連する日米欧プロジェクトの1970～1990年代における動向を示す。

日本国内では、1980年代後半の<第2次交通戦争>に前後して、各省庁におけるプロジェクトが開始され、現在のITSにつながっていることが分かる。その中で自動車を中心に配して安全技術の

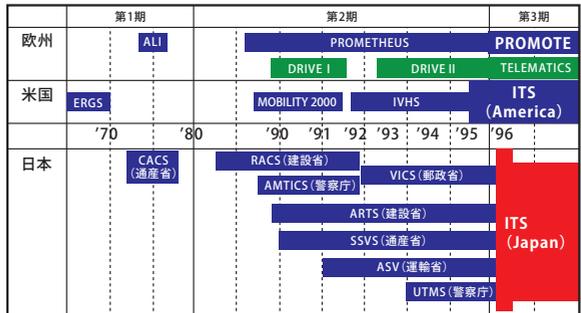


図6 初期のITS関連プロジェクト(省庁名は当時のまま)

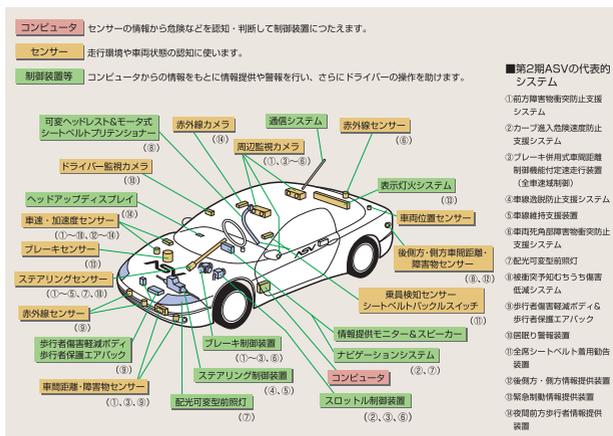
検討をしているのが、国土交通省によるASV（先進安全自動車）である。ASVは、1991年より開始され、各5カ年計画で2014年時点で第5期が進められている。ASVの検討は、自動車・二輪メーカー（14社）、学識経験者、関係団体、関係省庁を委員とするASV推進検討会により検討が進められており、ASV推進計画各期の概要は、表1に示すようになっている。

表1 ASV推進計画の概要¹⁰⁾

第1期	第2期	第3期	第4期	第5期
1991年 ～ 1995年	1996年 ～ 2000年	2001年 ～ 2005年	2006年 ～ 2010年	2011年 ～ 2015年
・技術的可能性の検討	・実用化のための研究開発	・普及促進のための検討 ・新たな技術開発	・本格的な普及促進 ・通信を利用した安全システムの一部実用化	・飛躍的高度化の実現
・自動車単独 (自立検知型)	・自動車単独 (自立検知型) ・道路インフラとの連携	・自動車単独 (自立検知型) ・道路インフラとの連携	・自動車単独 (自立検知型) ・他車両との連携 ・道路インフラとの連携	・実用化されたASV技術の飛躍的高度化 ・次世代通信利用型運転 ・支援システムの開発促進

ASVでは、前項のESV計画に挙げられていた、事故を未然に防止し、衝突による被害を軽減するというターゲットを、1980年代に急速に高度化したエレクトロニクス・制御技術を応用することにより実現するとともに、併せて、ITSの車体側の技術基盤を確立するというコンセプトとなっている。従って、ASV車両には図7に示すように多様なセンサーならびに制御装置が搭載される。

第1期（1991年～1995年）では、乗用車を対象に技術的な検討が開始されたが、第2期（1996年～2000年）からは、開発対象に大型車、二輪車が含まれた。第2期からの特徴として、この時期は世界的にITSに関して研究が活発化してきた時期であり、ASVも1996年7月に出された「高度道路交通（ITS）推進に関する

図7 ASV車両のイメージ図¹¹⁾

る全体構想」のうちの「安全運転の支援」の分野に位置付けられ推進された。加えて、道路インフラとの連携も検討され、2000年10月には、茨城県つくば市の国土交通省土木研究所（旧建設省土木研究所）にて走行支援道路システム（AHS）との連携・協調を含めて7つのサービス（前方障害物衝突防止支援、カーブ進入危険防止支援、車線逸脱防止支援、出会い頭衝突防止支援、右折衝突防止支援、横断歩道歩行者衝突防止支援、路面情報活用車間保持支援）に関してドライバーの受容性および道路インフラ設備の妥当性等の共同実証実験が行われた。

第3期（2001年～2005年）では、ASV促進普及のための検討を柱とした活動がされた。この中では、第2期に策定した「ASVの基本理念」に対する具体化である「運転支援の考え方」（図8¹²⁾）が取りまとめられた。例えば、「ドライバーの受容性の確保」に関しては、システムの動作内容をドライバーが確認できることとされている。また、「ドライバー支援の原則」として、安全な運転をすべき主体者はドライバーであり、ASV技術はあくまで側面からの支援という位置付けが明確化されている。この原則より、実用化されているデバイスにおいても支援システムの動作スイッチをドライバーが選択することができ、かつ、動作時においてもドライバー自身の意思によりシステムに強制介入できる仕様となっている。

このドライバー支援の原則は、現在、開発が進められている自動走行システムの実現に際して法的な整備とともにシステムの整合性をつける必要が出てきている。

また、第4期（2006年～2010年）では、通信利用型運転支援システムの実用化に向けた基本設計がされており、車車間通信（V2V: Vehicle to Vehicle）を利用することで事故回避が期待される出会い頭衝突や右左折時、周辺車両認知支援等が取り上げられている。また、近年、社会問題となっている健康起因事故についても、事故分析よりドライバー異常時対応システムの大型車への適応を検討している。

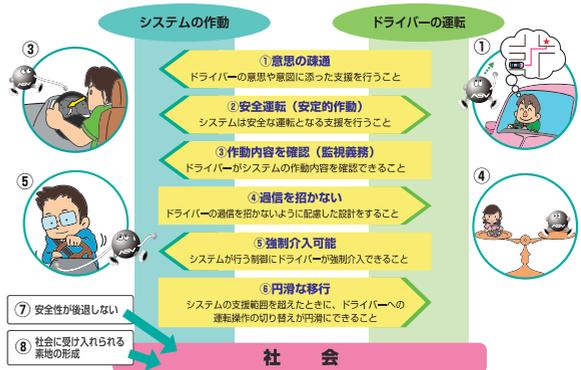


図8 運転支援の考え方¹²⁾

6.2.3 これからのITS構想

前項で示したように、事故削減のための自動車の安全技術は、エレクトロニクス技術や情報通信技術との融合によりITSの分野として重要な位置付けとなっている。ITS Japanが2011年に取りまとめたITS中期計画（2011年～2015年）では、交通ネットワーク、エネルギーネットワーク、情報通信ネットワークを一体でとらえた次世代のモビリティが提案されている¹³⁾。特に、2011年3月に発生した東日本大震災を受けて、平常時だけではなく災害時に活用できるITSによる情報基盤構築等が明記されていることが注目される。また、ASV技術と情報通信技術の融合により、マルチポップルーティングによる車車間通信を介して、個々の車両近辺だけではなく周辺を走行する車両や前方の道路状況に関する情報を共有して、車両群全体の安全を確保するシステムへの発展が挙げられる。そのことにより、事故や危険事象のリスクを事前に情報提供することで、交通事故の低減が期待される。加えて、歩行者や自転車、新しいモビリティも含めた交通参加者を対象とした支援技術の開発により、運転の習熟度や加齢による認知力の低下等の影響を補い、誰でも安全に移動できる交通社会の実現が目標とされている¹⁴⁾。

また、2013年には、第20回ITS世界会議東京に合わせて各社における自動走行システムのデモが行われ、実用化に向けての政府レベルでの推進も本格開始されている¹⁵⁾。ここで取りまとめられたロードマップでは、前項のASVで示した運転支援と自動走行システムの定義が明確化されるとともに（表2）、自律型と協調型システムの統合等の戦略と重点化項目が示されている。

表2 安全運転支援システム・自動走行システムの定義¹⁵⁾

分類		概要	左記を実現するシステム	
情報提供型		運転者への注意喚起等	「安全運転支援システム」	
自動化型	レベル1： 単独型	加速・操舵・制動のいずれかの操作を自動車が行う状態	「準自動走行システム」	「自動走行システム」
	レベル2： システムの複合化	加速・操舵・制動のうち複数の操作を一度に自動車が行う状態		
	レベル3： システムの高度化	加速・操舵・制動を全て自動車が行う状態（緊急時対応：ドライバー）		
	レベル4： 完全自動走行	加速・操舵・制動を全て自動車（ドライバー以外）が行う状態	「完全自動走行システム」	

参考文献

- 1) 内閣府『平成26年版交通安全白書』2014年,
http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h26kou_haku/zenbun/index.html (2014年12月10日閲覧)
- 2) 福田敦ほか「交通戦争への取り組み～途上国に貢献しうる日本の経験と知見～」『平成22年度研究調査報告書』国際交通安全学会, 2011年
- 3) 警察庁交通局『平成18年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について』2007年
- 4) 交通事故総合分析センター『交通統計 平成24年版』2012年,
<http://www.itarda.or.jp/> (2014年12月10日閲覧)
- 5) 内閣府中央交通安全対策会議「第9次交通安全基本計画」2011年,
<http://www8.cao.go.jp/koutu/kihon/keikaku9/> (2014年12月10日閲覧)
- 6) 狼嘉郎「安全とESV計画」『IATSS Review』Vol. 2, No. 2, 1976年
- 7) トヨタ自動車「トヨタ自動車75年史—トヨタESVの開発」
<http://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/index.html> (2014年12月10日閲覧)
- 8) 佐野彰一「RSV計画と安全研究の展望」『IATSS Review』Vol. 5, No. 4, 1979年
- 9) 自動車技術会編『自動車の百科事典』丸善, pp. 297, 2009年
- 10) 国土交通省「ASV推進計画について」
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/aboutasv.html> (2014年12月10日閲覧)
- 11) 国土交通省『第3期ASV推進計画パンフレット』2002年
- 12) 国土交通省『第5期ASV推進計画パンフレット』2011年
- 13) ITS Japan「ITS新中期計画(2011～2015年)の策定」2011年,
http://www.its-jp.org/katsudou_old/katudou170/ (2014年12月10日閲覧)
- 14) ITS Japan『ITSによる未来創造の提言～誰でも、どこでも快適に移動できる社会の実現～』2013年,
http://www.its-jp.org/document/20131017/ITS-future-vision_j_131010.pdf (2014年12月10日閲覧)
- 15) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部新戦略推進専門調査会, 内閣官房情報通信技術総合戦略室『官民ITS構想・ロードマップ～世界一安全で円滑な道路交通社会構築に向けた自動走行システムと交通データ利活用に係る戦略～』2014年

推奨文献

- 1) 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会『ASVに関する研究成果報告書』1996～2011年,
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/index.html> (2014年12月10日閲覧)
- 2) 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会「先進安全自動車 (ASV) 推進計画 (第2期) に関する報告書」, 2001年,
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/resource/data/asv2report.pdf> (2014年12月10日閲覧)
- 3) 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会「先進安全自動車 (ASV) 推進計画 報告書—第3期ASV計画における活動成果について—」, 2006年,
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/resource/data/asv3seikahoukokusyocorrection.pdf>
(2014年12月10日閲覧)
- 4) 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会「先進安全自動車 (ASV) 推進計画 報告書—第4期ASV計画における活動成果について—」, 2011年,
http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/resource/data/asv4pamphlet_seika.pdf (2014年12月10日閲覧)